TP 21 : Colorimétrie et doublement de fréquence

1 Objectif

Ce TP est composé de deux parties distinctes : dans la première, on s'intéresse à la colorimétrie, c'est à dire l'analyse quantitative de la couleur de la lumière à l'aide d'un instrument nommé colorimètre. On verra qu'il y a différentes façons de faire cette analyse, selon les objectifs que l'on se fixe.

Dans la seconde partie, nous allons réaliser le montage et le réglage d'un laser Nd:Yag émettant à 1064 nm, puis allons réaliser un doublement de fréquence pour en faire un laser Nd:Yag doublé en fréquence émettant à 532 nm.

2 Colorimétrie

2.1 Principe physique

Les industriels utilisant la couleur (fabricants d'écrans, imprimeurs etc.) ont besoin de pouvoir relier les filtres ou colorants qu'ils utilisent à la sensation visuelle de couleur, et ce de manière quantitative afin d'assurer la qualité et la reproductibilité de leur travail. Pour cela, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a adopté un système de trois grandeurs X, Y et Z qui reproduisent l'éclairement tel qu'il est vu par les capteurs de l'oeil (sensible à trois couleurs : rouge, vert et bleu). D'autres systèmes de mesure de la couleur ont été proposé par la CIE, qui se déduisent tous du système XYZ. Nous allons en voir quelques uns.

2.2 Travail demandé

2.2.1 Lumière des néons

- Allumer le colorimètre. Dès que les valeurs affichées sont stables, retirer le cache du capteur.
- Orienter le capteur vers les néons et vérifier qu'il n'y a pas d'autres sources lumineuses allumées à proximité.
- Faire apparaître le mode mesure XYZ en appuyant sur le bouton "Mode" (éventuellement plusieurs fois).
- Attendre la stabilisation des valeurs, puis relever les valeurs de X, Y et Z.
- Un mode de mesure équivalent est $E_{v,x,y}$. Appuyer sur le bouton "Mode" pour le faire apparaître. Relever les valeurs de E_v , x et y. Comparer E_v et Y, x et $X/(X+Y+Z)$ et enfin y et $Y/(X+Y+Z)$.
- A votre avis, pourquoi n'indique-t-on pas $z=Z/(X+Y+Z)$? Expliquer en deux ou trois phrases, sans formule, le lien entre la représentation XYZ de la couleur avec la représentation $E_{v,x,y}$.
- Appuyer sur la touche "H" pour fixer la mesure. Faire alors afficher la température de couleur en appuyant sur "Tcp". Noter sa valeur.

Appeler le professeur

2.2.2 Lumière d'une lampe à filament

- Brancher la lampe blanche sur 12V et éclairer le capteur du colorimètre avec elle.
- Relever la température de couleur.
- En appuyant sur le bouton "Mode", faire afficher la représentation $E_{v,x,y}$ et relever les valeurs après stabilisation.
- En appuyant sur le bouton "Mode", faire afficher la représentation $E_{v,u',v'}$ et relever les valeurs après stabilisation.
- Appuyer sur " Δ " puis "Set", puis la touche "Entrée" pour rentrer les valeurs mesurées comme référence. Puis appuyer sur "H".
- Ensuite, brancher la lampe sur 8V. Relever les nouvelles valeurs de T_{cp} , E_v , x , y , u' et v' . Que constatez-vous ?

Appeler le professeur

2.2.3 Lampe à filament + filtre vert

- Rebrancher la lampe sur 12V et placer un filtre coloré vert entre elle et le capteur du colorimètre.
- Relevez la température de couleur. Que constatez-vous ? Conclure.
- Relever les valeurs de E_v , x , y , u' et v' .
- En appuyant sur le bouton "Mode", relever les valeurs de Δx , Δy , $\Delta u'$ et $\Delta v'$ qui sont les écarts par rapport à la lampe blanche enregistrée comme référence précédemment.
- Vérifier que Δx est bien la différence des deux valeurs de x avec filtre vert et sans filtre vert. De même pour les trois autres grandeurs.
- En appuyant sur la touche " Δ ", déterminer $\Delta u'v'$. Vérifier que $\Delta u'v' = \sqrt{(\Delta u')^2 + (\Delta v')^2}$. En déduire que l'intérêt de la représentation $E_{v,u',v'}$ est de permettre de définir l'écart entre deux couleurs à l'aide d'une formule simple.
- Relever les valeurs de X , Y et Z .

Appeler le professeur

2.3 Conclusion de la colorimétrie

Quelles sont les différentes représentations de couleurs que vous avez étudiées dans ce TP ? Expliquez pour chacune son intérêt.
Que signifie la température de couleur ?

3 Doublement de fréquence d'un laser Nd:Yag

Dans un premier temps, nous allons faire le montage et le réglage d'un laser Nd:Yag émettant à 1064 nm, pompé par une diode laser émettant aux environs de 800 nm avec une puissance allant jusqu'à 400 mW.

Les rayonnements produits par ces deux sources sont intenses et se trouvent dans l'infrarouge. Pour éviter tout risque oculaire, LE PORT DE LUNETTES DE SECURITE EST OBLIGATOIRE.

Les lunettes ne protègent que d'une exposition accidentelle de courte durée. Il ne faut donc pas regarder dans le faisceau, même avec les lunettes. Pour éviter le risque de réflexions parasites vers les yeux, **il faut enlever les bagues, montres et autres bracelets**. Certaines opérations de réglage requièrent d'enlever les lunettes pour mieux voir. On se placera alors DERRIERE la diode laser.

3.1 Montage et réglage du laser Nd:Yag

A partir de la mallette du kit et du document "*Laser Yag Réglages*" (disponible en version papier avec le kit, ou en version pdf sur le site internet olivier.sigwarth.free.fr), monter et régler le laser Nd:Yag. On prendra garde à manipuler les composants du kit en les tenant par la tranche. On ira jusqu'au V/ Réglage de la cavité inclus.

Pour visualiser le faisceau infrarouge, on pourra utiliser les papiers fluorescents fournis.

Une fois les réglages effectués, on souhaite s'assurer que le laser fonctionne et émet bien à 1064 nm. Pour cela, placer le filtre noir en sortie de cavité : ce filtre ne laisse passer que les rayonnements de longueur d'onde supérieure à 1000 nm. Il laisse donc passer le faisceau issu du laser Nd:Yag et coupe celui issu de la diode de pompe.

Puis remplacer la mire par le détecteur et relier celui-ci à un oscilloscope avec un câble coaxial. En faisant varier l'intensité de la diode de pompe, observer que le signal à l'oscilloscope varie. Noter l'existence d'un seuil en-dessous duquel le laser Nd:Yag n'émet pas, et au-dessus duquel il émet. Noter la valeur approximative de ce seuil en mA.

Appeler un professeur

Pour la suite, laisser un courant de pompe correspondant à une intensité élevée du laser Nd:Yag.

3.2 Doublement de fréquence du laser Nd:Yag

En vous conformant aux instructions du paragraphe VI du document "*Laser Yag Réglages*", placer le cristal de KTP doubleur de fréquence dans la cavité du laser Nd:Yag. Vous devez observer un faisceau laser vert.

Si ce faisceau vert n'est pas très intense, ajustez très délicatement, en la déplaçant de l'ordre du dixième de millimètre par légère pression, la position de la lentille de collimation.

Montrer à un professeur

En faisant varier l'intensité de pompe de la diode laser, observer la variation de l'intensité du faisceau laser vert à 532 nm. Observer à nouveau l'existence d'un seuil au-delà duquel le laser Nd:Yag doublé émet. Comparer ce seuil à celui du laser Nd:Yag trouvé précédemment.

3.3 Question de vocabulaire

Justifiez à l'aide d'un calcul simple pourquoi on dit qu'on a réalisé un doublement de fréquence lorsqu'on a fait passer la longueur d'onde de 1064 nm (Nd:Yag) à 532 nm (Nd:Yag doublé).

BAREME

§	Travail à faire	Note sur place	Note écrit
2.2.1	XYZ	- / 1	
2.2.1	Ev,x,y et Tcp		- / 2
2.2.2	Valeurs mesurées		- / 2
2.2.2	Comparaison 2 couleurs	- / 1	
2.2.3	Filtre vert		- / 2
2.3	Conclusion colorimétrie		- / 1
3.1	Respect sécurité	- / 2	
3.1	Montage	- / 3	
3.1	Seuil	- / 1	- / 1
3.2	Laser vert	- / 1	
3.2	Seuil	- / 1	- / 1
3.3	Vocabulaire		- / 1

TOTAL : / 20